

10/026162

51

Int. Cl.:

F 02 k, 11/00

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 46 g, 11/00

10

11

21

22

43

44

# Auslegeschrift 2 046 079

Aktenzeichen: P 20 46 079.1-13

Anmeldetag: 18. September 1970

Offenlegungstag: —

Auslegetag: 23. Dezember 1971

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung: Luftatmendes Strahlrohr

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, 8000 München

Vertreter gem. § 16 PatG: —

72

Als Erfinder benannt: Eick, Werner, Dipl.-Ing., 8000 München

56

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DT-PS 1 247 754

DT-PS 949 700

DT-PS 887 432

US-PS 3 078 660

US-PS 2 860 484

US-PS 2 709 891

Gericke/Dierich »Triebwerke für  
Flugzeuge und Flugkörper«, 1961,  
Stephan Verlagsgesellschaft m. b. H.,  
S. 100

DT 2046079

Die Erfindung betrifft ein luftatmendes Strahlrohr zum Antrieb von Luftfahrzeugen in einem weiten Fluggeschwindigkeitsbereich mit Einrichtungen zum intermittierenden Betrieb bei Gleichraumverbrennung vorzugsweise im Überschallflugbereich.

Als Nachteil bei herkömmlichen Strahltriebwerken der genannten Art wird angesehen, daß sie jeweils nur in einem bestimmten, beschränkten Fluggeschwindigkeitsbereich wirtschaftlich einsetzbar sind. Es muß deshalb bei Luftfahrzeugen, welche in einem sehr weiten Fluggeschwindigkeitsbereich eingesetzt werden sollen, für die verwendeten Triebwerke in einem Teilbereich ein schlechter Wirkungsgrad in Kauf genommen werden, oder das Luftfahrzeug muß mit mehreren Triebwerkstypen ausgestattet werden, welche jeweils nur in dem für sie günstigsten Leistungsbereich in Betrieb sind.

Es sind auch bereits sogenannte Hybrid-Triebwerke bekannt, bei denen zwei oder mehrere verschiedene Triebwerkstypen zu einer baulichen Einheit zusammengefaßt sind. Insbesondere wurde für den Flug mit hohen Machzahlen ein Hybrid-Triebwerk bekannt, welches aus einem Staustrahltriebwerk sowie einem in dessen Innerem coaxial dazu angeordneten Turbinenstrahltriebwerk zusammengesetzt ist. Das Turbinenstrahltriebwerk dient dabei zum Start sowie zur Beschleunigung im Unterschallflugbereich, während das Staustrahltriebwerk für den Überschallflugbereich eingesetzt wird (*»Griffon 02«* in: Gericke/Dierich: Triebwerke für Flugzeuge und Flugkörper, Stephans Verlagsgesellschaft GmbH, Darmstadt, S. 100). Ein Nachteil dieser Kombination wird darin gesehen, daß für die in verhältnismäßig kurzer Zeit durchflogene Beschleunigungsphase im Unterschallbereich ein sehr aufwendiges Triebwerk mitgeführt werden muß, welches für die Hauptflugphase lediglich widerstandserhöhenden Ballast darstellt.

Es ist auch ein intermittierend arbeitendes Strahlrohr bekannt, dem eine weitere, mit Einspritzeinrichtungen sowie einer Auslaßdüse versehene Brennkammer nachgeschaltet ist. Diese erhält ihre Verbrennungsluft über Ejektoröffnungen, die zwischen Strahlrohr und nachgeschalteter Brennkammer geöffnet werden können (deutsche Patentschrift 1 247 754). Im Normalbetrieb erhält die nachgeschaltete Brennkammer intermittierend einströmende Brenngase aus dem Strahlrohr, die mit Frischluft und Brennstoff zusammen einen Nachverbrennungsprozeß durchführen. Bei bestimmten hohen Fluggeschwindigkeiten wird das Strahlrohr abgeschaltet, während die nachgeschaltete Brennkammer durch das stetige Einströmen von Frischluft auf eine stetige Arbeitsweise übergeht. Auch in diesem Fall ist das vordere Strahlrohr während der Schnellflugphase nicht an der Vortriebserzeugung beteiligt, sondern wirkt sich wegen seines Gewichts und seiner Widerstandsfläche nachteilig aus.

In der USA.-Patentschrift 3 078 660 ist ferner ein Triebwerk beschrieben, das einen Ventilkörper aufweist, der in Richtung der Triebwerkslängsachse verschiebbar angeordnet ist. Für einen intermittierenden Betrieb des Triebwerkes im Stand ist es erforderlich, daß die Flatterventile des Ventilkörpers mit relativ geringer Vorspannung eingestellt sind. Bei einer derartigen Einstellung werden sich jedoch bei der Verwendung des Ventilkörpers als Flammenhalter die Ventile öffnen, so daß der für die Flammenstabilisierung notwendige Unterdruck hinter dem Flammenhalter im Bereich des stetigen Betriebes nicht gewährleistet ist. Eine Aufrechterhaltung des intermittierenden Betriebs im Übergang vom Unterschall-Flugbereich zum Überschall-Flugbereich oder im Überschall-Flugbereich selbst ist bei diesem Triebwerk nicht möglich. Letzteres gilt auch für Triebwerke nach Art des in der deutschen Patentschrift 887 432 beschriebenen Triebwerkes, die einen quer zur Triebwerkslängsachse schwenkbaren Rost aufweisen und bei denen insbesondere Schwierigkeiten bei der Flammenstabilisierung auftreten, wozu die genannte Patentschrift keine Lösungen aufzeigt.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Hybrid-Triebwerk der eingangs genannten Art derart auszubilden, daß ein luftatmendes Strahlrohr im Stand und im Unterschall-Flugbereich bis zum maximal erreichbaren Überschall-Flugbereich mit einem günstigen Wirkungsgrad betreibbar ist.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in der Brennkammer eine diese in einem stromaufwärtigen Brennraumabschnitt und einen stromabwärtigen Brennraumabschnitt unterteilende, axial verschiebbare Reflektorblende angeordnet ist, deren freier Öffnungsquerschnitt für den Durchtritt des Arbeitsstromes veränderbar ist.

Durch die im Brennraum des Strahlrohres angeordnete und diesen in zwei Brennraumabschnitte teilende veränderbare Reflektorblende wird eine im Unterschall-Flugbereich im vorderen Brennraumabschnitt stattfindende intermittierende Gleichraumverbrennung und dann im Überschall-Flugbereich eine im hinteren Brennraumabschnitt stattfindende stetige Gleichdruckverbrennung hervorgerufen. Im Hinblick auf den durch das Triebwerk aufzubringenden Schub steigender Charakteristik ist es dabei von Vorteil, daß die Gleichraumverbrennung auch in der Übergangsphase und im Überschall-Flugbereich aufrechterhalten werden kann. Das Strahlrohr kann im Stand in bekannter Weise nach Art eines Pulsotriebwerkes gestartet werden. Auch während der ersten Beschleunigungsphase im unteren Fluggeschwindigkeitsbereich arbeitet das Triebwerk intermittierend. Dabei wird mittels der verschiebbaren Reflektorblende eine Anpassung des vorderen Brennraumabschnittes an die steigenden Staudrücke sowie die zugeführten Brennstoffmengen erreicht.

In Ausgestaltung der Erfindung wird bei Start und im niedrigen Unterschall-Flugbereich die Reflektorblende so verstellt, daß das Volumen des stromaufwärtigen Brennraumabschnittes sowie der freie Öffnungsquerschnitt der Reflektorblende im Bereich ihres im Hinblick auf den Betrieb des Strahlrohres vorgesehenen Minimums liegen. Dadurch ergibt sich im vorderen Brennraumabschnitt eine für den Start günstige hohe Frequenz der Druckschwängung.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung wird bei zunehmender Brennstoffmenge zum Zwecke einer Schubsteigerung die Reflektorblende im Sinne einer Vergrößerung des Volumens des stromaufwärtigen Brennraumabschnittes sowie des freien Öffnungsquerschnittes verstellt. Durch die Vergrößerung des Volumens des vorderen Brennraumabschnittes wird bei steigender Anblasgeschwindigkeit auch die angesaugte Luftmenge größer, so daß bei gleichzeitiger Steigerung der Brennstoffeinspritzung eine Schub-

steigerung erfolgt. Wenn die Fluggeschwindigkeit des mit einem erfindungsgemäßen Strahlrohr ausgerüsteten Flugkörpers größer wird, wächst auch die Staudruckbelastung des vorderen Brennraumabschnittes. Um ein Wandern der Flammenfront aus dem Bereich des vorderen Brennraumabschnittes hinaus zu verhindern, ist im höheren Unterschallflugbereich der freie Öffnungsquerschnitt zum Zwecke einer besseren Verdämmungswirkung verringerbar. Bei der höchsten mit intermittierender Arbeitsweise noch erreichbaren Fluggeschwindigkeit hat die Reflektorblende also etwa die Konstellation, bei der das Volumen des vorderen Brennraumabschnittes verhältnismäßig groß, der Übertrittsquerschnitt jedoch minimal ist.

Das Schließen der Reflektorblende hat zur Folge, daß das Triebwerk trotz der durch die höhere Anblasgeschwindigkeit vergrößerten Luftmenge sowie der daran angepaßten größeren Brennstoffmenge einen verringerten spezifischen Schub liefert, d. h., also in den Bereich verschlechterten Wirkungsgrades gerät. Außerdem treten im Inneren des Triebwerkes gasdynamische Bedingungen auf, welche für die Möglichkeit des intermittierenden Betriebes eine Grenze darstellen. So ist etwa durch den hohen angebotenen Staudruck die Pulsamplitude, d. h. die Differenz zwischen höchstem und niedrigstem Brennkammerdruck, schon sehr flach, und das Druckverhältnis zwischen den Drücken vor und hinter dem engsten Querschnitt der Ausströmdüse nähert sich dem kritischen Druckverhältnis. Damit sind die Bedingungen geschaffen, welche eine stetige Verbrennung im hinteren Brennraumabschnitt erlauben.

Ebenfalls in Ausgestaltung der Erfindung ist beim Übergang vom intermittierenden Betrieb zum Staustrahlbetrieb die Reflektorblende so verstellt, daß das Volumen des stromaufwärtigen Brennraumabschnittes im Bereich seines im Hinblick auf den Betrieb des Strahlrohres vorgesehenen Maximums liegt, wobei die Reflektorblende als Flammenhalter für die jetzt im hinteren Brennraumabschnitt erfolgende Gleichdruckverbrennung dient. Dabei erfolgt bei einer wählbaren, im schallnahen Flugbereich liegenden Anblasgeschwindigkeit und einer darauf abgestellten Brennstoffzufuhr ein Übergang von der Gleichraumverbrennung im vorderen Brennraumabschnitt zur Gleichdruckverbrennung im hinteren Brennraumabschnitt. Gleichzeitig ist die für den reinen Staustrahlbetrieb notwendige Bedingung einer stetigen Beaufschlagung des Brennraumes mit Verbrennungsluft geschaffen. Die Flammenfront wandert beim Übergang von der intermittierenden in die stetige Arbeitsweise aus dem vorderen Brennraumabschnitt durch den Öffnungsquerschnitt der Blende nach hinten und kommt in den hinter der Reflektorblende sich bildenden sogenannten sekundären Unterdruckgebieten zum Stehen. Bei einer weiteren Geschwindigkeitssteigerung bedarf es dann lediglich noch einer Anpassung der Reflektorblende an ihre flammhaltenden Aufgaben.

In einem Ausführungsbeispiel der Erfindung hat die Reflektorblende im geschlossenen Zustand die Form einer konvergenten Düse. Derartige Düsen sind konstruktiv ausgereift und ergeben einen guten Wirkungsgrad. Die Reflektorblende kann dabei nach Art einer an sich bekannten Irisblende aufgebaut sein, deren Segmente durch ihnen zugeordnete synchrongesteuerte Antriebsmotoren verstellt werden.

In einem anderen Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, daß die Reflektorblende die Form einer Scheibe hat, die konzentrisch zur Brennkammer und wahlweise quer zur oder in Strömungsrichtung einstellbar ist. Diese Ausführung hat den Vorteil besonderer konstruktiver Einfachheit und großer Betriebszuverlässigkeit.

Um die Reflektorblende jedoch strömungstechnisch besser an die Bedingungen bei stetiger Arbeitsweise anzupassen, ist die Reflektorblende in Form eines Flammhalterkegels ausgebildet, der konzentrisch zur Brennkammer mit in stromabwärtiger Richtung offenem V-Querschnitt angeordnet ist, wobei die V-Stellung veränderlich und der Flammhalterkegel als Ganzes axial verschiebbar ist.

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und im folgenden näher beschrieben. Es zeigt

Fig. 1 schematisch einen Schnitt durch ein Strahlrohr mit einer als konvergente Düse ausgebildeten Reflektorblende,

Fig. 2 in zwei Teilschnitten den Brennraumbereich von zwei weiteren Ausführungsbeispielen eines Strahlrohres,

Fig. 3 und 4 Details einer Reflektorblende gemäß Fig. 2;

Fig. 5 schematisch einen Längsschnitt durch ein Strahlrohr mit einer als Flammhalterkegel ausgebildeten Reflektorblende,

Fig. 6 einen Querschnitt durch einen Brennraum mit einer scheibenförmigen Reflektorblende,

Fig. 7 ein Diagramm der Druckschwingung bei intermittierendem Betrieb und

Fig. 8 ein Blockschaltbild zur Steuerung der Reflektorblende.

Das in Fig. 1 dargestellte Strahlrohr 1 besteht im wesentlichen aus einem Lufteinlaß 2, in dem z. B. schräg in Strömungsrichtung weisende Brennstoffdüsen angeordnet sind, dem aus dem vorderen Brennraumabschnitt 4 und dem hinteren Brennraumabschnitt 5 bestehenden Brennraum, sowie der konvergent-divergenten Ausströmdüse 6. Der Luftereinlaß ist in dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel als zylindrisches, in den vorderen Brennraumabschnitt 4 hineinragendes Rohr ausgestaltet. Dieses Rohr erlaubt ein ungehindertes Einströmen von Verbrennungsluft in den Brennraum. Wegen der in den vorderen Brennraumabschnitt hineinragenden sogenannten Borda-Kante 7 stellt dieses Rohr jedoch für die Rückströmung in bekannter Weise eine Drossel dar, welche die Rückströmung im wesentlichen verhindert. Im vorderen Brennraumabschnitt 4 findet bei geringen Anblasgeschwindigkeiten  $w_\infty$  eine intermittierende Verbrennung statt. Nachdem das Triebwerk in bekannter Weise mit Hilfe einer Fremdzündeinrichtung in Betrieb genommen worden ist, bildet sich zunächst im vorderen Brennraumabschnitt 4 eine Schwingung aus, in der Phasen eines hohen Verbrennungsdruckes mit Phasen eines niedrigen Ansaugdruckes abwechseln. Die einströmenden, mit Brennstoff vermischten Frischgase kommen in hinter der Borda-Kante ausgebildeten Rezirkulationszonen mit heißen verbrannten Restgasen in Berührung, wodurch das Volumen der Frischgase wegen der Wirkung der Reflektorblende 8 eine explosionsartige Gleichraumverbrennung durchführt. Wegen der Drosselwirkung der Borda-Kante 7 strömt das hochgespannte Verbrennungsgas im we-

sentlichen durch die Reflektorblende 8 nach hinten ab, wobei der Druck im Brennraumabschnitt 4 bis unterhalb des Zuströmdruckes der ungestörten Strömung absinkt. Der hintere Brennraumabschnitt 5 dient in diesem Betriebszustand in bekannter Weise als Reaktionsstrecke für das Triebwerk.

Zum Starten des Triebwerkes wird die Reflektorblende 8 in die Position verschoben, bei der sich das kleinste Volumen des vorderen Brennraumabschnittes 4 ergibt. Gleichzeitig nimmt die Reflektorblende ihren kleinsten Übertrittsquerschnitt an. Dadurch entsteht eine für das Anlaufen des Triebwerkes günstige hohe Schwingungsfrequenz. Nach dem Anlaufen des Triebwerkes und zum Zwecke der Schubsteigerung wird die Reflektorblende bei gleichzeitiger Erhöhung der Brennstoffeinspritzung zusehends im Sinne einer Vergrößerung des vorderen Brennraumabschnittes sowie einer Vergrößerung des Übertrittsquerschnittes verstellt. Wenn bei zunehmendem Staudruck und damit höherer Belastung des vorderen Brennraumabschnittes 4 ein Driften der Flammenfront aus dem vorderen Brennraumabschnitt verhindert werden soll, so wird der Übertrittsquerschnitt der Reflektorblende kontinuierlich wieder verkleinert. Dadurch wird die durch den höheren Staudruck und einen entsprechend gesteigerten Brennstoffzufluß erhöhte Schubleistung teilweise wieder kompensiert, so daß sich etwas schlechtere spezifische Wirkungsgrade ergeben können.

Wenn bei einer Anblasgeschwindigkeit, beispielsweise entsprechend  $w_\infty \approx 0,9$  Mach, die weiter vorn beschriebenen Bedingungen für einen Übergang von intermittierender Verbrennung zu einer stetigen Verbrennung hergestellt worden sind, schwimmt die Flammenfront in Strömungsrichtung nach hinten weg, bis sie sich in dem sich hinter der Reflektorblende ausbildenden sekundären Unterdruckgebiet wieder stabilisiert. Die Reflektorblende wirkt in diesem Zustand als Flammhalter in der für Staustrahltriebwerke charakteristischen Weise.

Das Verhältnis zwischen dem Druck im hinteren Brennraumabschnitt 5 und dem hinter der Schubdüse bestehenden Umgebungsdruck ist überkritisch, so daß im engsten Querschnitt 9 Schallgeschwindigkeit auftritt. Dadurch stellt sich im hinteren Brennraumabschnitt 5 eine stetige Gleichdruckverbrennung ein. In dieser Konstellation arbeitet das Strahlrohr als reines Staustrahltriebwerk und erreicht als solches bei gutem Wirkungsgrad hohe Flug-Machzahlen.

Fig. 2 zeigt ausschnittsweise zwei verschiedene Ausführungsformen eines Strahlrohrs gemäß Fig. 1. Die oberhalb der Mittellinie dargestellte Ausführungsform entspricht im wesentlichen dem bereits beschriebenen Triebwerk. Die sich entsprechenden Bauteile wurden deshalb mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Ein Unterschied in diesem Ausführungsbeispiel besteht lediglich darin, daß der hintere Brennraumabschnitt 5 sich in Strömungsrichtung leicht konisch verengt. Diese konische Verengung faßt den in der Fig. 1 dargestellten zylindrischen Teil der Ausströmdüse 6 zu einem Bauteil zusammen. An die konische Verengung kann sich in bekannter Weise ein zylindrisches Schubrohr sowie ein nicht näher dargestellter divergenter Düsenteil anschließen. Die Reflektorblende 8 ist fest mit einem gegenüber der Brennraumwandung verschiebbaren Rohrabschnitt 10 verbunden. Auf diese Weise kann

die gewünschte Volumenänderung des vorderen Brennraumabschnittes 4 vorgenommen werden. Als Verschiebeantrieb kommt beispielsweise ein hydraulischer Verstellmotor oder ein elektrisch betriebener Spindelantrieb in Frage, der der besseren Übersichtlichkeit wegen nicht näher dargestellt wurde.

Das unterhalb der Mittellinie in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem oberhalb der Mittellinie dargestellten Beispiel im wesentlichen durch eine andere Ausbildung des Lufteinlasses 21 sowie des vorderen Brennraumabschnittes 22. In der Einlaßmündung ist eine Batterie von Einwegventilen 23 befestigt, welche beim pulsierenden Betrieb des Triebwerkes eine Einstromung der Frischluft erlauben, eine Rückströmung jedoch durch selbsttätiges Schließen praktisch verhindern. Bei Erreichen eines bestimmten Anblas-Staudruckes bleiben die Ventile 23 ganz geöffnet, da die rückstellende Federkraft nicht mehr ausreicht, diese entgegen der Kraft des Staudruckes zu schließen. In einem Übergangsbereich übernimmt dann die Bordakante 24 teilweise noch die Rolle der Rückström-sicherung, bis das Triebwerk in einen stetigen Betrieb übergegangen ist. Die relative Verschiebbarkeit der Reflektorblende 25 wird vorzugsweise dadurch hergestellt, daß der ganze vordere Triebwerksabschnitt gegenüber dem mit der Reflektorblende verbundenen hinteren Triebwerksabschnitt verschiebbar gelagert ist, wie bei 26 angedeutet wurde.

Die Fig. 3 und 4 zeigen die konstruktive Ausbildung einer konischen Reflektorblende, welche sich aus einer Vielzahl von einzelnen Segmenten 30 zusammensetzt. Jedes dieser Segmente 30 ist um eine etwa tangential zum Konusquerschnitt verlaufende Achse 31 schwenkbar gelagert. Die Segmente sind beispielsweise so geformt, daß der Öffnungsquerschnitt 32 bei einem bevorzugten Betriebszustand, etwa beim Reiseflug oder beim Höchstschub, eine exakte Kreisform annimmt. Jedes Segment ist mit einem zur Achse 31 kreisförmig gebogenen Betätigungshebel 33 versehen, welcher mit einem allen Segmenten gemeinsam oder einem jeden Segment einzeln zugeordneten Verstellmotor verbunden ist. Wie insbesondere Fig. 4 deutlich zeigt, weist jedes Segment 30 ein das im Uhrzeigersinn benachbarte Segment überlappendes Teilstück 34 auf, welches seinerseits in einen hochgebogenen Lappen 35 ausläuft. Dieser Lappen 35 legt sich in der weitest geöffneten Stellung der Reflektorblende jeweils an das benachbarte Segment exakt an und begrenzt auf diese Weise den Öffnungswinkel der Blende. Die gesamte Einrichtung der Reflektorblende ist innerhalb des Brennraumes verschiebbar gelagert. In den beiden Fig. 3 und 4 stellt jeweils die obere Hälfte die Blende im geschlossenen, die untere Hälfte im geöffneten Zustand dar.

Die in Fig. 5 schematisch angedeutete, aus einem konzentrisch zum Brennraum 50 angeordneten Kegel 51 bestehende Reflektorblende 52 verspricht einen besonders günstigen Wirkungsgrad für die Phase des Staustrahlbetriebes. Der Kegel 51 besitzt einen V-Querschnitt, welcher in stromabwärtiger Richtung geöffnet ist. Der Spreizwinkel des Kegels ist veränderlich, wie schematisch angedeutet wurde. Die gesamte Einrichtung der Reflektorblende ist in Richtung der Brennraumachse mittels der Verschiebehülse 53 verschiebbar angeordnet. Diese Ausbildungsform der Reflektorblende hat eine ausgezeich-

nete flammenstabilisierende Wirkung bei geringstem Strömungswiderstand, da sie eine verlustarme Rezirkulation erzeugt.

In Fig. 6 ist eine Reflektorblende 70 dargestellt, welche aus einem innerhalb des Brennraumes 71 verschiebbaren Ring 72 besteht, in welchem eine um eine in dem Ring gelagerte Achse 73 schwenkbare Scheibe 74 befestigt ist. Fig. 6 zeigt die Reflektorblende 70 in zwei verschiedenen Stellungen. In der vorderen, dem Lufterinlauf näheren Stellung, weist die Reflektorblende die typische Konstellation für den Start auf. Die Scheibe 74 ist quer zur Strömungsrichtung angestellt, so daß sie den geringsten Übertrittsquerschnitt vom vorderen Brennraumabschnitt 75 zum hinteren Brennraumabschnitt 76 freigibt. In der hinteren Stellung befindet sich die Reflektorblende etwa dann, wenn das Triebwerk mit mittlerer Geschwindigkeit im Unterschallbereich fliegt, wie weiter vorn bereits ausführlicher beschrieben wurde. Da diese Form der Reflektorblende eine geringe flammenstabilisierende Wirkung hat, können bei einer derartigen Ausführungsform zusätzlich noch herkömmliche Flammhalter vorgesehen sein. Die Betätigung der Reflektorblende erfolgt über die in beliebiger Weise angetriebenen Stoßstangen 79, 80. Bei gleichsinniger und gleichmäßiger Verschiebung beider Stoßstangen erfolgt eine Verschiebung der ganzen Reflektorblende, bei gegensinniger Betätigung jedoch eine Verschwenkung der Scheibe 74 um die Achse 73. Daneben sind beliebige Mischbewegungen möglich.

Fig. 7 zeigt in Diagrammform den momentanen Druckzustand im Triebwerk bei stationärem intermittierenden Betrieb. Im vorderen Brennraumabschnitt 75 bildet sich eine erste Teilschwingung 77 aus, für die die vordere Stirnwand des Brennraumabschnittes sowie die Scheibe 74 Reflexionspunkte darstellen. Eine weitere, von der ersten Teilschwingung angeregte zweite Teilschwingung 78 findet im hinteren Brennraumabschnitt 76 statt. Die Frequenz, insbesondere der ersten Teilschwingung, läßt sich durch Verschieben der als Reflektor und als Blende wirkenden Scheibe 74 erreichen.

Es ist vorgesehen, daß die Stellung der Reflektorblende in Abhängigkeit von den Drücken und Temperaturen in den vorderen und hinteren Brennkammern durch ein Regelsystem gemäß Fig. 8 verstellbar ist. Ein oder mehrere Druckmeßgeräte 60 sowie Temperaturmeßgeräte 61 übermitteln ihre Meßwerte über einen Meßstellenumschalter 62 auf eine Verstärkereinheit 63. Diese Verstärkereinheit steuert ein hydraulisches, elektrisches oder mechanisches Servosystem 64 an, welches seinerseits die Reflektorblende, hier mit 65 bezeichnet, betätigt. Ein Istwertgeber 66 nimmt die tatsächliche Stellung der Reflektorblende auf und gibt sie in eine Komparatoreinheit 67, wo sie mit einem von einem Sollwertgeber ausgehenden Sollwert verglichen wird. Dieser Sollwertgeber ist im vorliegenden Beispiel mit der Verstärkereinheit 63 zusammengefaßt. So lange die Komparatoreinheit eine Differenz zwischen Soll- und Istwert feststellt, wird das Servosystem 64 im Sinne einer Korrektur dieser Differenz betätigt. Eine Anzeigeeinheit 68 dient beispielsweise zur Anzeige der Blendenstellung für den Piloten oder für eine telemetrische Datenübertragung.

Zudem lassen sich auch Kombinationen der verschiedenen Typen von Reflektorblenden mit Vorteil

miteinander verbinden, beispielsweise eine verschiebbare scheibenförmige Reflektorblende mit einer fest eingebauten, querschnittsveränderlichen konischen Reflektorblende oder mit fest eingebauten konventionellen Flammhaltern.

#### Patentansprüche:

1. Luftatmendes Strahlrohr zum Antrieb von Luftfahrzeugen in einem weiten Fluggeschwindigkeitsbereich mit Einrichtungen zum intermittierendem Betrieb bei Gleichraumverbrennung im Unterschallflugbereich und zum Staustrahlbetrieb bei Gleichdruckverbrennung, vorzugsweise im Überschallflugbereich, dadurch gekennzeichnet, daß in der Brennkammer eine diese in einen stromaufwärtigen Brennraumabschnitt (4, 75) und einen stromabwärtigen Brennraumabschnitt (5, 76) unterteilende, axial verschiebbare Reflektorblende (8, 52, 70) angeordnet ist, deren freier Öffnungsquerschnitt (32) für den Durchtritt des Arbeitsstromes veränderbar ist.

2. Strahlrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Start und im niedrigen Unterschallflugbereich die Reflektorblende (8, 52, 70) so verstellt ist, daß das Volumen des stromaufwärtigen Brennraumabschnittes (4, 75) sowie der freie Öffnungsquerschnitt (32) der Reflektorblende (8, 52, 70) im Bereich ihres im Hinblick auf den Betrieb des Strahlrohres vorgesehenen Minimums liegen.

3. Strahlrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei zunehmender Brennstoffmenge zum Zwecke einer Schubsteigerung die Reflektorblende (8, 52, 70) im Sinne einer Vergrößerung des Volumens des stromaufwärtigen Brennraumabschnittes (4, 75) sowie des freien Öffnungsquerschnittes (32) verstellbar ist.

4. Strahlrohr nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß im höheren Unterschallflugbereich der freie Öffnungsquerschnitt (32) zum Zwecke einer besseren Verdämmungswirkung verringerbar ist.

5. Strahlrohr nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Übergang vom intermittierenden Betrieb zum Staustrahlbetrieb die Reflektorblende (8, 52, 70) so verstellt ist, daß das Volumen des stromaufwärtigen Brennraumabschnittes (4, 75) im Bereich seines im Hinblick auf den Betrieb des Strahlrohres vorgesehenen Maximums liegt, wobei die Reflektorblende (8, 52, 70) als Flammhalter für die jetzt im hinteren Brennraumabschnitt (5, 76) erfolgende Gleichdruckverbrennung dient.

6. Strahlrohr nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflektorblende (8) in ihrer den freien Öffnungsquerschnitt (32) verkleinernden Einstellung die Form einer konvergenten Düse hat.

7. Strahlrohr nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflektorblende (8) nach Art einer Irisblende aus sich entsprechend ihrem Öffnungszustand mehr oder weniger überlappenden Segmenten (30) aufgebaut ist.

8. Strahlrohr nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Segmente (30) der Reflektorblende (8) durch ihnen jeweils zugeordnete, synchron gesteuerte Antriebsmotoren verstellbar sind.

9. Strahlrohr nach den Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflektorblende (70) die Form einer Scheibe (74) hat, die konzentrisch zur Brennkammer und wahlweise quer zur oder in Strömungsrichtung einstellbar ist.

10. Strahlrohr nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflektorblende (52) die Form eines Flammhalterkegels (51) hat, der konzentrisch zur Brennkammer mit in stromabwärtiger Richtung offenem V-Querschnitt angeordnet ist, wobei die V-Stellung veränderlich und der Flammhalterkegel (51) als Ganzes axial verschiebbar ist.

11. Strahlrohr nach den Ansprüchen 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Lufteinlaß (21) des Strahlrohrs als ein mit mehreren selbsttätigen mechanischen Rückschlagventilen (23) versehenes Teil ausgebildet ist.

12. Strahlrohr nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückschlagventile (23) als in ihrem stromaufwärtigen Ende beweglich gelagerte Spritzbleche ausgebildet sind.

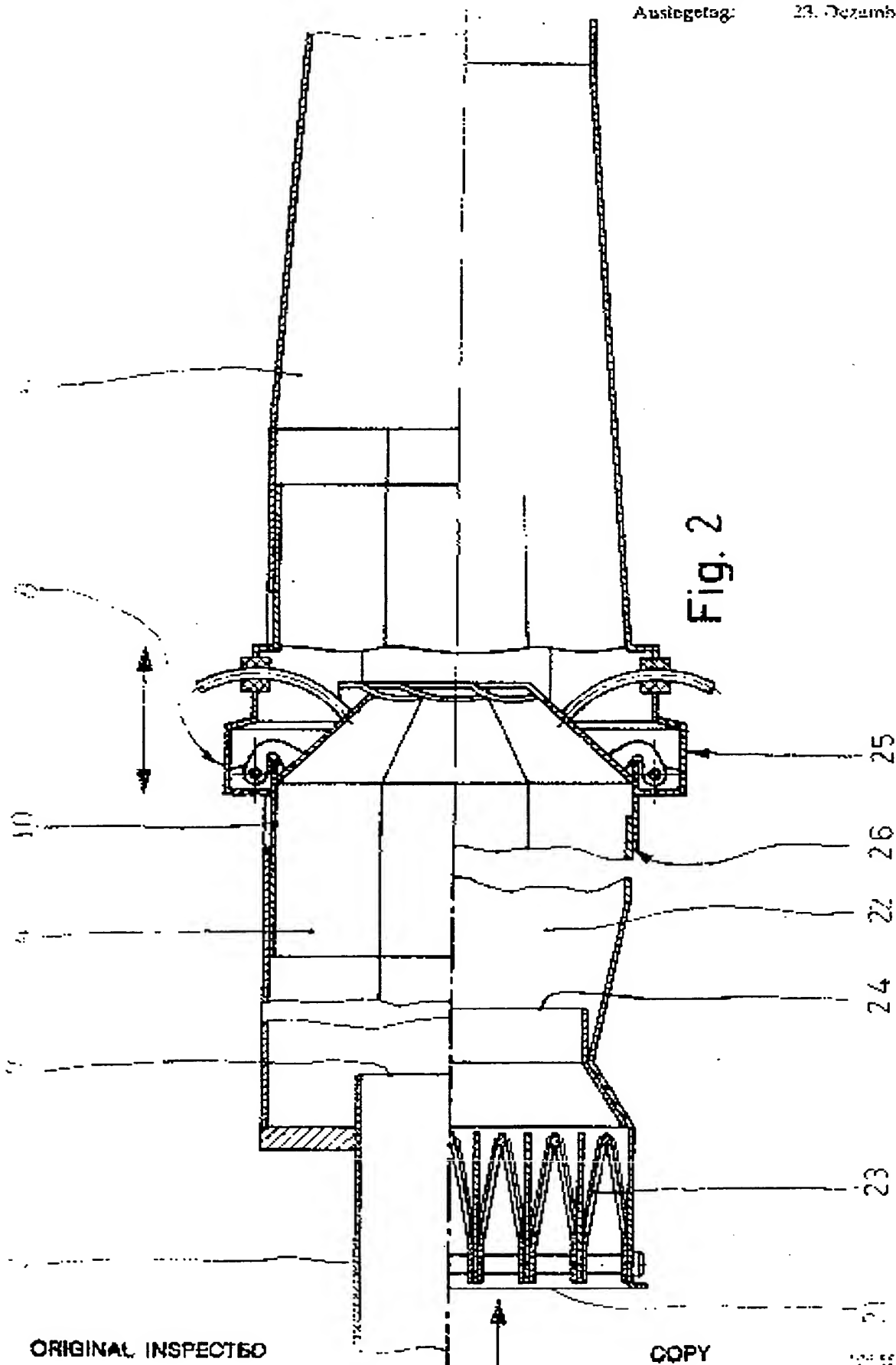
13. Strahlrohr nach den Ansprüchen 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Lufteinlaß (2) als ein in den stromaufwärtigen Brennraumabschnitt (4, 75) hineinragendes zylindrisches Rohr (2) ausgebildet ist.

14. Strahlrohr nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffeinspritzdüsen innerhalb des zylindrischen Rohres (2) im Brennraumbereich angeordnet sind.

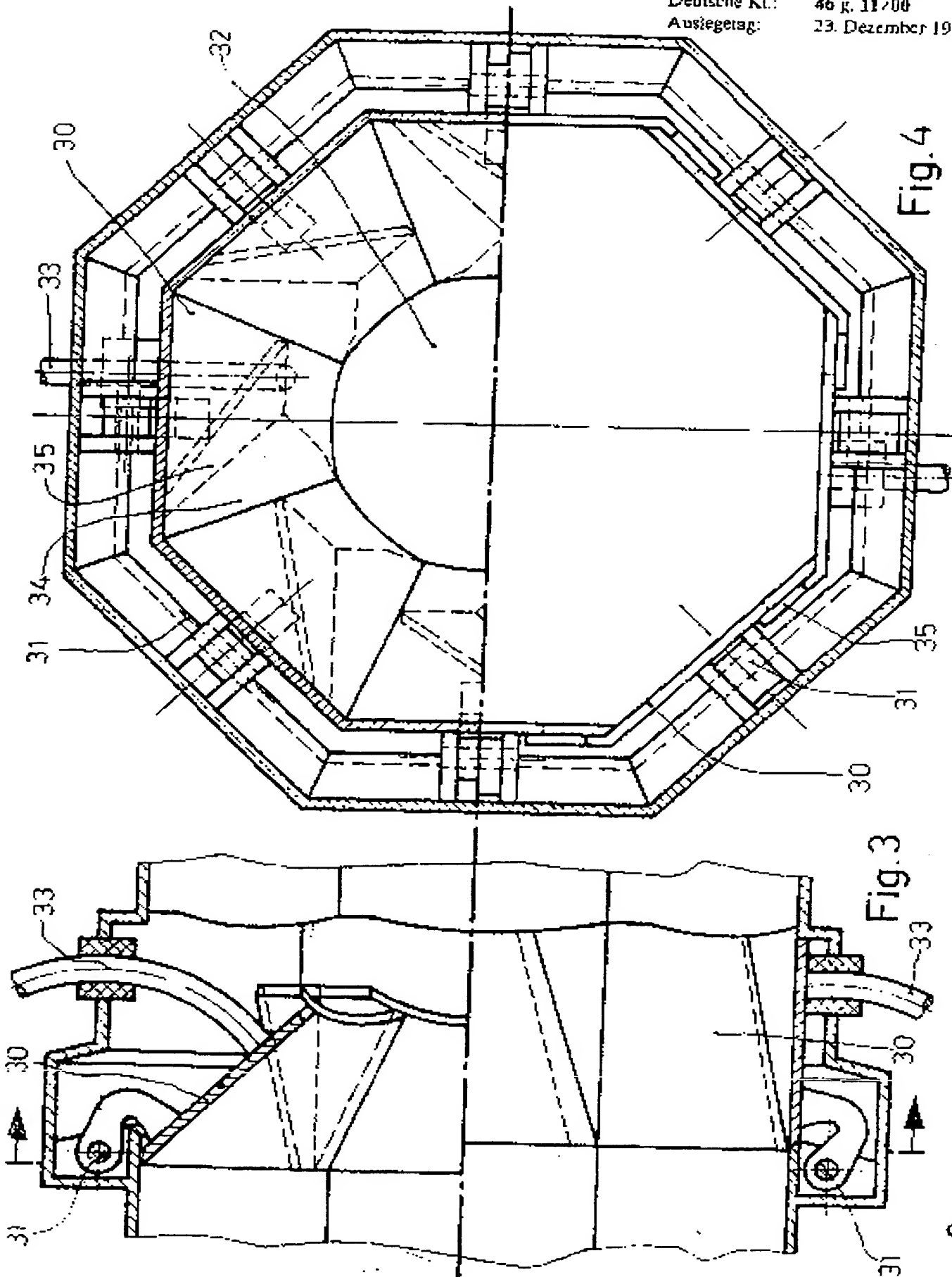
15. Strahlrohr nach den Ansprüchen 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellung der Reflektorblende (8, 52, 70) über ein Servosystem (64) in Abhängigkeit von Druck und Temperatur in der Brennkammer steuerbar ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Nummer: 2046 079  
 Int. Cl.: F 02 k.11/00  
 Deutsche Kl.: 36 g. 11-00  
 Ausgebetag: 23. Dezember 1971



Nummer: 2 046 079  
 Int. Cl.: F 02 k 11/00  
 Deutsche Kl.: 46 k 11/00  
 Auslegungstag: 23. Dezember 1971



COPY



Nummer: 2 046 079  
 Int. Cl.: F 02 k, 11-00  
 Deutsche Kl.: 46 g, 11/00  
 Auslegungstag: 23. Dezember 1971

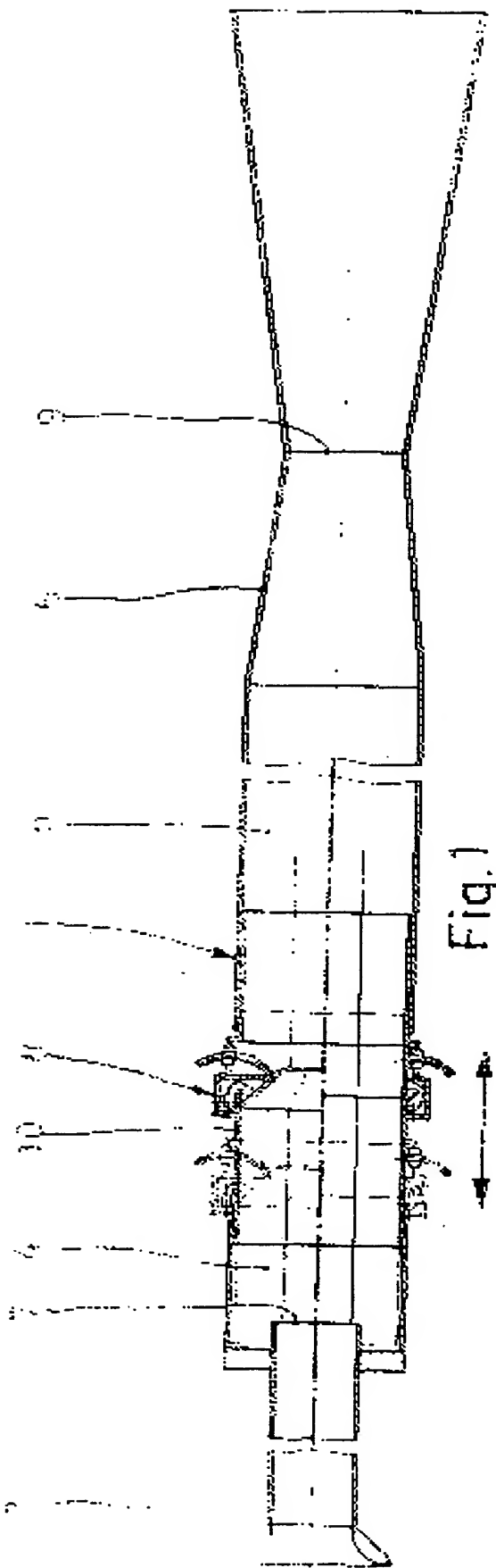


Fig. 1

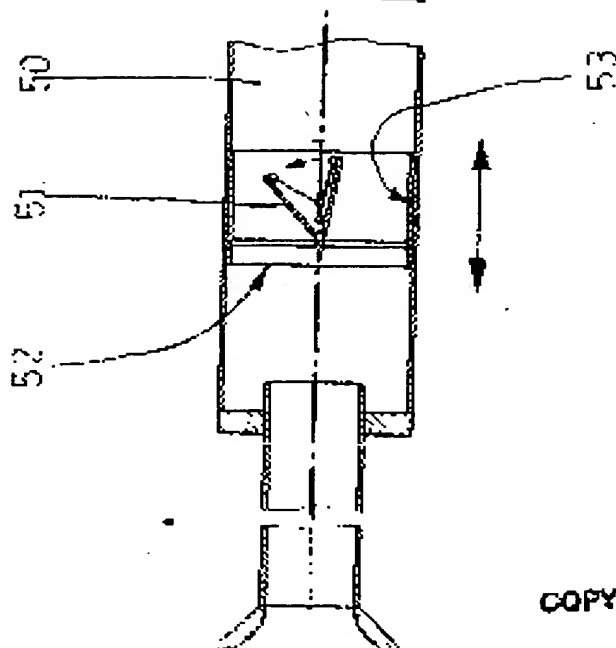


Fig. 5

ORIGINAL INSPECTED

COPY

Nummer. 2 046 079  
 Int. Cl.: F 02 k 11/00  
 Deutsche Kl.: 46 g 11/00  
 Auslegungstag: 23. Dezember 1971

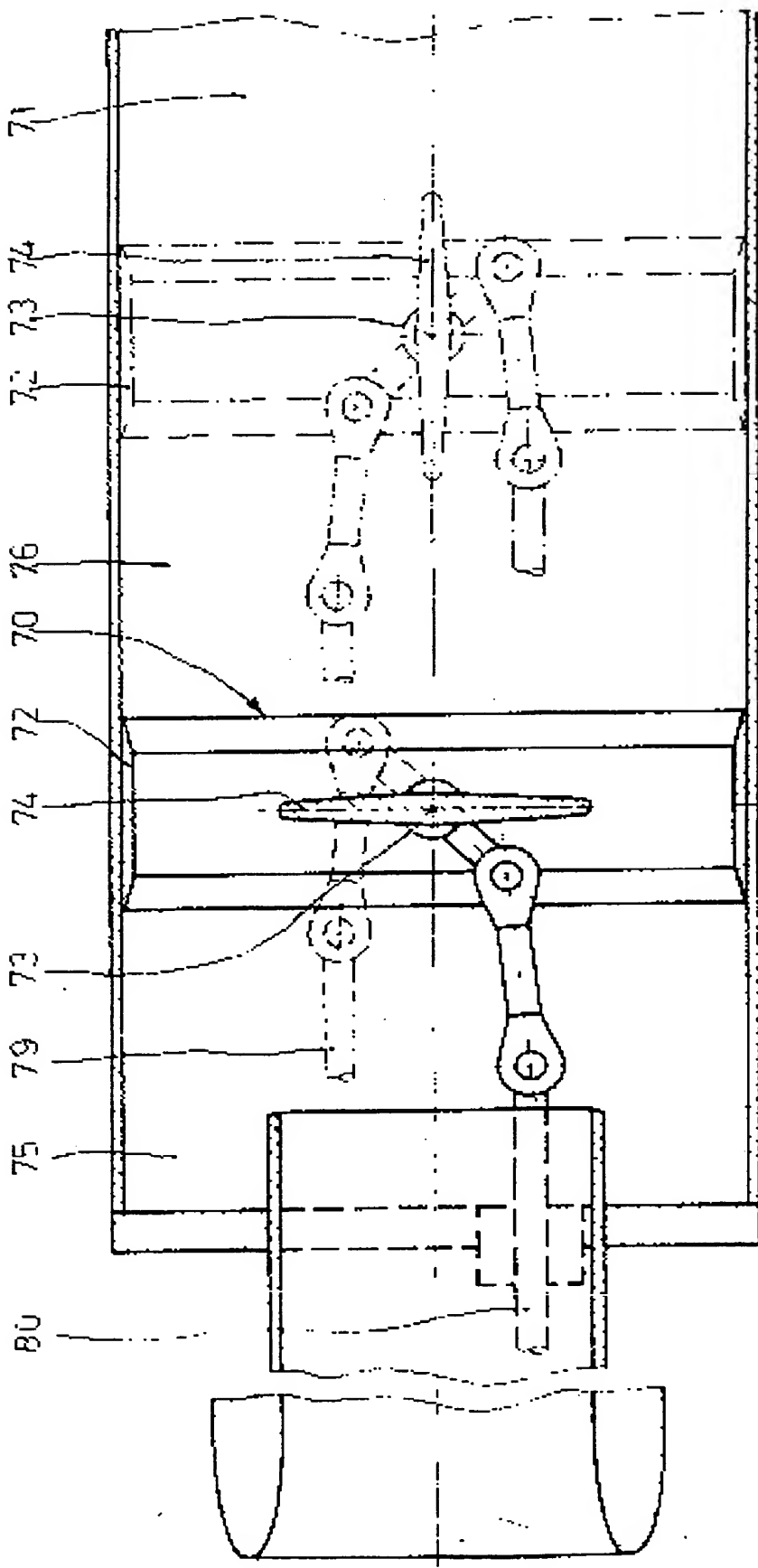


Fig. 6

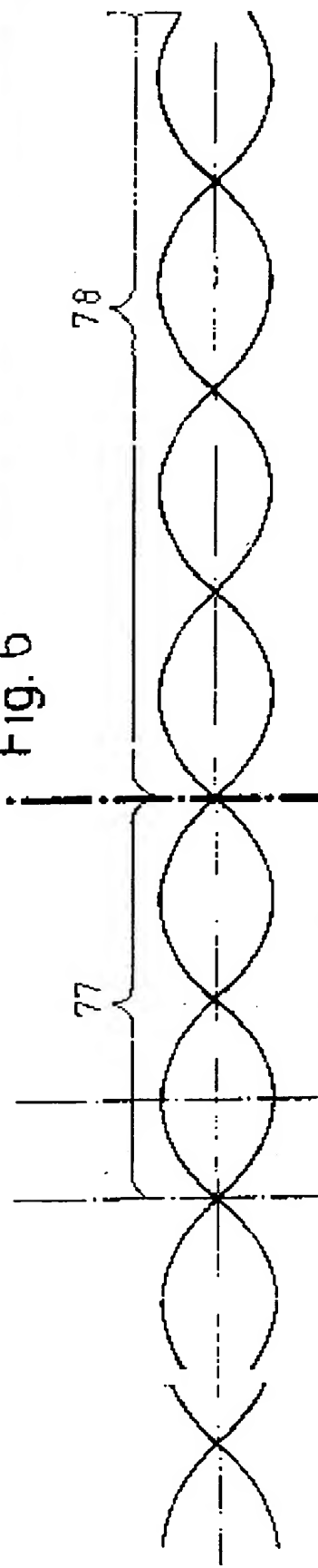


Fig. 7

COPY

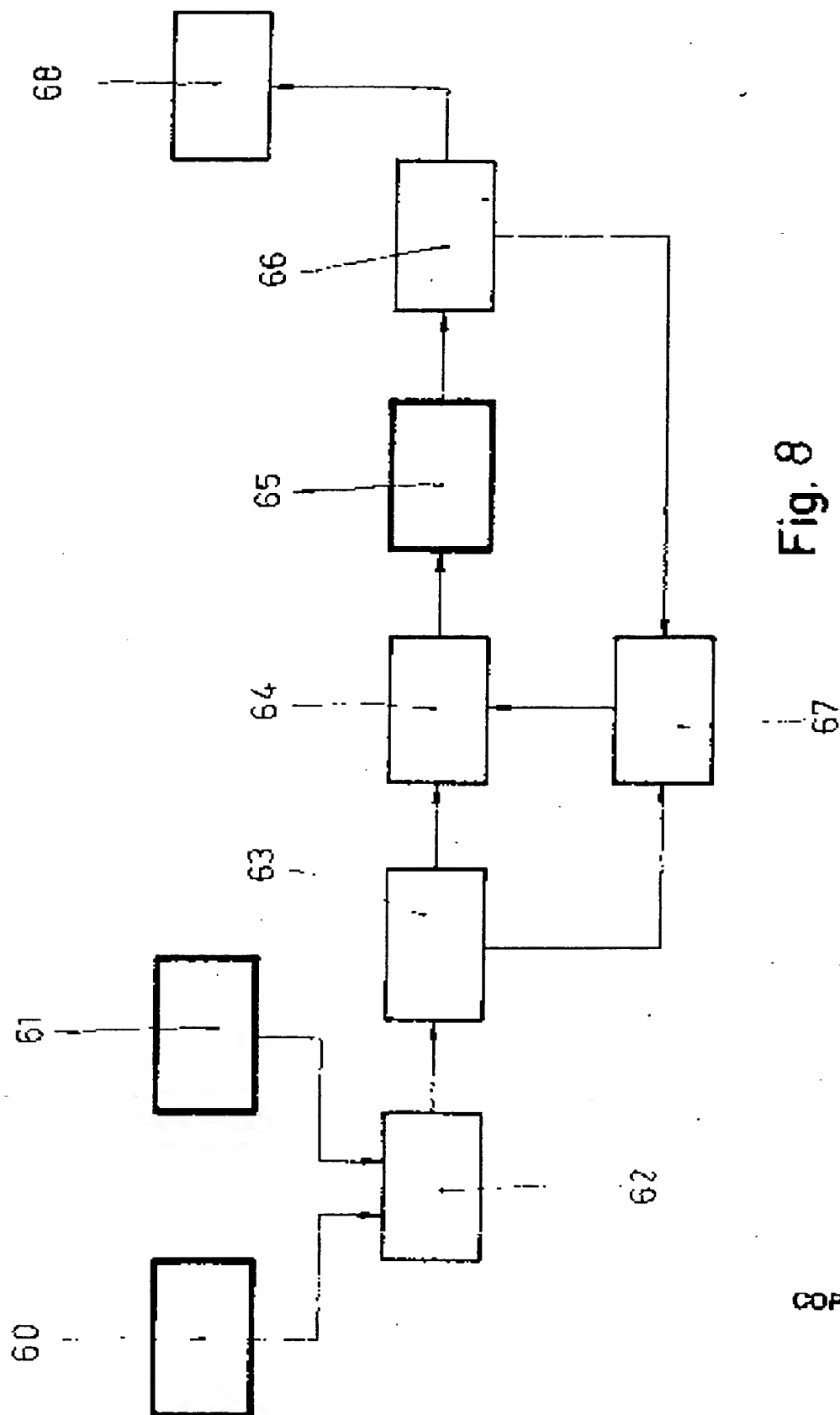


Fig. 8

COPY